

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2006年10月5日 (05.10.2006)

PCT

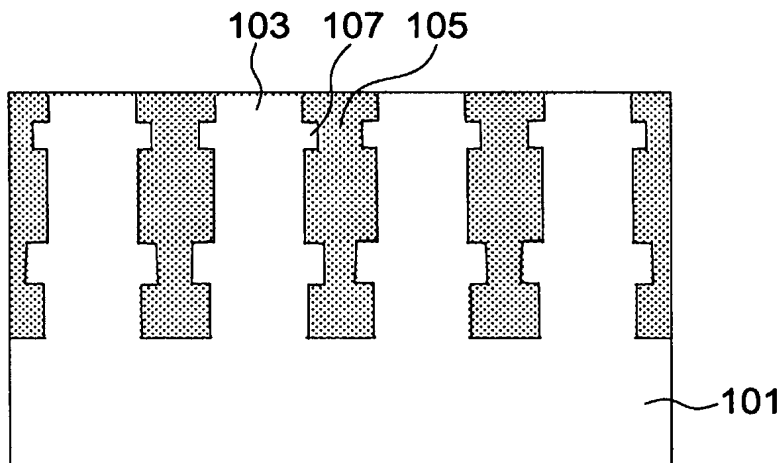
(10) 国際公開番号
WO 2006/104045 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 5/26 (2006.01) G02B 5/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/305985
- (22) 国際出願日: 2006年3月24日 (24.03.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-089232 2005年3月25日 (25.03.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ナルックス株式会社 (NALUX CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6180001 大阪府三島郡島本町山崎2丁目1番7号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岡野 正登 (OKANO, Masato) [JP/JP]; 〒6180001 大阪府三島郡島本町山崎2丁目1番7号 ナルックス株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 伏見 直哉 (FUSHIMI, Naoya); 〒1020074 東京都千代田区九段南3丁目2番7号 NE九段ビル、特許業務法人オカダ・フシミ・ヒラノ Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

[続葉有]

(54) Title: WAVELENGTH FILTER

(54) 発明の名称: 波長フィルタ



(57) Abstract: There is provided a wavelength filter having a simple structure with a reduced number of types of thin film and a reduced number of the layers. The filter can easily be produced with less performance irregularities and has a wide wavelength band. On a substrate, first portions (103) extending in the X direction and second portions (105) extending in the X direction along the first portions are alternately arranged in Y direction vertical to the X direction at a predetermined cycle shorter than the wavelength of light used, thereby forming a lattice. Each of the first portions has a cross sectional view in the Y direction and vertical to the substrate surface has at least one such protrusion (107) that the width of the Y direction is wider than the

width of the surrounding portion. A plurality of waveguide layers parallel to the substrate surface divided into regions parallel to the substrate surface within a range of a predetermined distance are formed. The wavelength band of the light reflected by the waveguide layers are shifted while being superimposed so as to reflect the light of wavelength band wider than the wavelength band of the light reflected by a single waveguide layer.

(57) 要約: 薄膜の種類および積層回数が少ない簡単な構造を有し、また、製造プロセスが簡単で、性能のばらつきが少ない、波長帯域が広い波長フィルタを提供する。基板面上において、X方向に延伸する第1の部分(103)と第1の部分に沿ってX方向に延伸する第2の部分(105)とを、基板面上においてX方向と垂直なY方向に、使用する光の波長よりも短い一定の周期で交互に配置した格子からなる。各第1の部分の、Y方向でかつ基板面に垂直な断面形状は、Y方向の幅が周囲部分の幅よりも広くなるように突起した部分(107)を少なくとも1つ備える。当該所定の距離の範囲の、基板面に平行な領域によって分割される、基板面に平行な複数の導波層を形成し、当該複数の導波層の反射する光の波長帯域が重なりながらシフトして単一の導波層の反射する光の波長帯域よりも広い波長帯域の光を反射するように構成されている。

WO 2006/104045 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

波長フィルタ

技術分野

- [0001] 本発明は、波長フィルタに関する。特に、反射スペクトルの帯域幅が広い特性をもった波長フィルタに関する。

背景技術

- [0002] 光学システムを構成する際、特定の波長の光のみを取り出して光学処理を行いたい場合がある。特定の波長を含む帯域幅の光を取り出すことのできる光学素子は波長フィルタと呼ばれている。波長フィルタは、高屈折率の薄膜材料と低屈折率の薄膜材料をガラスやプラスチック基板上に蒸着させることによって、製造することができる。波長、または帯域幅は、薄膜の蒸着回数と膜の厚さを変えることによって調整することができる。しかし、波長選択性を高めるには、薄膜の蒸着回数や厚さを大きくする必要があり、したがって、製造プロセスが複雑となるのでコストが増大し、また構成が複雑となるので、性能のばらつきを抑えるのが困難となる。
- [0003] 近年、基板表面に微細な周期構造をもつ回折格子を形成し、その上に高屈折率媒質を堆積して製造される、より簡易な構造で、鋭い波長選択性を持った波長フィルタが提案されている。この波長フィルタは、共鳴現象と呼ばれる、周期構造内における光の局在（閉じ込め）および散乱効果を利用して、数ナノメートル以下の非常に狭い波長帯域だけを反射させることができる特性を有する。たとえば、S. S. Wang and R. Magnusson: “Theory and applications of guided-mode resonance filters,” Applied Optics Vol. 32 No. 14 2606-2613 (1993)では、波長よりも短い周期内に低屈折率材料と高屈折率材料が交互に配置された格子構造を配置することで狭帯域な反射スペクトルを有する波長フィルタが開示されている。
- [0004] 図9は、上記の波長フィルタの構成を示す図である。基板701の表面に部分703および部分705からなる、使用される光の波長 λ よりも短い周期 Λ の回折格子が形成されている。部分703および部分705は、屈折率の異なる材料からなる。部分703および部分705は、層707を形成する。

[0005] 光が入射すると、所定の条件の下に、基板面に水平に近い状態で波が進行する、層707にしか存在できない、+1次および-1次の回折光が発生する。この光の波は、エバネセント波と呼ばれる。また、層707は、導波層と呼ばれる。上記の所定の条件は、光の入射角度を θ とすると、式

[数1]

$$\beta = \frac{2\pi}{\lambda} \sin \theta + \frac{2\pi}{\Lambda} \quad (1)$$

で表せる。ここで、 β は伝搬係数であり、導波層707の平均屈折率を

[数2]

$$\bar{n}$$

とすると、式

[数3]

$$\beta \approx \frac{2\pi}{\lambda} \bar{n} \quad (2)$$

で表せる。

[0006] ここで、導波層707の厚さについては、以下の式が成り立つ。

[数4]

$$\bar{n} \cdot h = \frac{\lambda}{2} \quad (3)$$

[0007] ここで、平均屈折率を含む式(2)および(3)は、近似的なものであり、実際の解析には、導波層と周囲の層との間の電磁波の振る舞いを考慮して解析する必要がある。

[0008] 式(1)が満たされる場合に生じたエバネセント波は、導波層とその周辺の層の境界に光が侵入しても透過することができず、全ての光が全反射される。したがって、図9に示した構造は、式(1)によって定まる、非常に狭い波長帯域の光を反射させるフィルタを形成する。

[0009] しかしながら、その反射特性は微小な波長変化に対して反射率が大きく低下するため、所望の半値幅(帯域幅)を実現することができないといった問題がある。

- [0010] この問題を解決するために、D. K. Jacob, S. C. Dunn and M. G. Moharam: “Flat-top narrow-band spectral response obtained from cascaded resonant grating reflection filters,” Applied Optics Vol. 41 No. 7 1241-1245 (2002)では、4種類の屈折率の材料を使って最大反射率の波長帯域を広げた波長フィルタが開示されている。この波長フィルタは、所定の周期で低屈折率材料と高屈折率材料を交互に配置した、複数の格子構造、および、当該複数の格子構造の間に挟んだ、残り2種類の屈折率の薄膜を、光の入射方向に積層させている。
- [0011] また、S. T. Thurman and G. M. Morris: “Controlling the spectral response in guided-mode resonance filter design,” Applied Optics Vol. 42 No. 16 3225-3233 (2003)では、低屈折率材料と高屈折率材料の2種類の材料のみを使って、同様に格子構造を積層させることにより、最大反射率の波長帯域を広げた波長フィルタが開示されている。
- [0012] 上記のD. K. Jacob, S. C. Dunn等の文献およびS. T. Thurman等の文献に記載されたいずれの構造においても、複数の格子構造を積層させることによって広い波長帯域が得られる。広い波長帯域が得られるのは、共鳴効果を引き起こす複数の波長が存在することになり、各々のスペクトルが互いに重なり合って、波長帯域が広がるためである。
- [0013] しかしながら、これらの構造を製造するには、複数の格子構造を製造する工程と、薄膜材料を多数回蒸着する工程が必要であり、各々の工程では格子構造及び薄膜高さを高い精度で制御する必要がある。また、波長帯域が広くなるにつれて積層する格子構造の数が多くなる。結局、従来の薄膜技術によるフィルタと同様に、製造プロセスが複雑となるのでコストが増大し、また構成が複雑となるので、性能のばらつきを抑えるのが困難となる。
- [0014] さらに、複数の格子構造を積層するので、全体の高さ(厚さ)が高くなる。

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0015] 上記の背景の下で、薄膜の種類および積層回数が少ない簡単な構造を有し、また、製造プロセスが簡単で、性能のばらつきが少ない、波長帯域が広い波長フィルタに

対するニーズがある。

課題を解決するための手段

- [0016] 本発明による波長フィルタは、基板面上において、X方向に延伸する第1の部分と第1の部分の材料の屈折率よりも高い屈折率の材料からなり、第1の部分に沿ってX方向に延伸する第2の部分とを、基板面上においてX方向と垂直なY方向に、使用する光の波長よりも短い一定の周期で交互に配置した格子からなる。本発明による波長フィルタの、各第1の部分の、Y方向でかつ基板面に垂直な断面形状は、基板面からZ方向に所定の距離を隔てた所定の距離の範囲において、Y方向の幅が周囲部分の幅よりも広くなるように突起した部分を少なくとも1つ備える。本発明による波長フィルタは、当該所定の距離の範囲の、基板面に平行な領域によって分割される、基板面に平行な複数の導波層を形成し、当該複数の導波層の反射する光の波長帯域が重なりながらシフトして単一の導波層の反射する光の波長帯域よりも広い波長帯域の光を反射するように構成されている。
- [0017] 本発明の波長フィルタは、広い波長帯域の光を反射するものでありながら、薄膜の種類および積層回数が少ない簡単な構造を有しており、製造プロセスが簡単で、性能のばらつきが少ない。
- [0018] 本発明の一実施形態によれば、前記所定の距離の範囲を変えることにより、前記複数の導波層の反射する光の波長帯域が重なりながらシフトするように構成されている。
- [0019] このように、第1の部分の突起部分の、Z方向における位置または幅を変えることにより、単一の導波層の反射する光の波長帯域よりも広い波長帯域の光を反射するようにすることができる。
- [0020] 本発明の他の実施形態によれば、前記複数の導波層の平均屈折率を変えることにより、前記複数の導波層の反射する光の波長帯域が重なりながらシフトするように構成されている。
- [0021] このように、第1の部分の突起していない複数の部分の、Y方向における幅を互いに異なったものとするにより、単一の導波層の反射する光の波長帯域よりも広い波長帯域の光を反射するようにすることができる。

- [0022] 本発明の他の実施形態によれば、前記第1の部分の材料が、ガラス、プラスチックまたはケイ素のいずれかである。
- [0023] 本発明の他の実施形態によれば、前記第2の部分の材料が、酸化チタン、フッ化マグネシウムまたは酸化ケイ素のいずれかである。
- [0024] 本発明の他の実施形態によれば、前記第2の部分の材料が、ゲルマニウムまたはセレン化亜鉛のいずれかである。
- [0025] 本発明による波長フィルタの製造方法は、前記X方向からビームを照射して前記断面形状を描画する。
- [0026] したがって、突起部を有する格子であっても、通常の格子を製造する場合と同様に製造することができる。

図面の簡単な説明

- [0027] [図1]本発明の1実施形態による波長フィルタの構成を示す断面図である。
- [図2]本発明の1実施形態による波長フィルタの部分Aの詳細な構成を示す断面図である。
- [図3]本発明の波長フィルタの原理を説明する図である。
- [図4]本発明による波長フィルタの製造プロセスを模式的に表した図である。
- [図5]TE偏光の光が、基板に対して斜め45度で入射したときに、中心波長1550nmで強い反射特性をもつ波長フィルタの断面図である。
- [図6]図5の波長フィルタでの反射スペクトルの計算結果を示す図である。
- [図7]TE偏光の光が、基板に対して斜め45度で入射したときに、中心波長1550nmで強い反射特性をもつ、第2の数値実施例の波長フィルタの断面図である。
- [図8]図7の波長フィルタでの反射スペクトルの計算結果を示す図である。
- [図9]従来技術の波長フィルタの構成を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0028] 図1は、本発明の1実施形態による波長フィルタの構成を示す断面図である。図1の断面は、基板101の面に垂直であり、かつ、格子の延伸方向に垂直な方向の面である。格子は、使用される光よりも短い周期 Λ を備え、符号103で示される部分Aおよび符号105で示される部分Bから成る。部分Aおよび部分Bは、屈折率の異なる材料

からなる。部分Aは、高さ(基板面からの距離)が所定の範囲において、周辺よりも幅の広くなるように突起した部分107を備える。図1において、部分Aは、2つの高さ範囲に突起した部分を備える。

[0029] 図2は、本発明の1実施形態による波長フィルタの部分Aの詳細な構成を示す断面図である。図2の断面は、図1の断面と同じである。図2において、基板面内において格子の延伸方向に垂直な方向をY、格子の高さ方向をZで表す。基板面からの距離である格子高さをhとして、格子高さhにおける部分Aの幅をf(h)で表す。また、格子高さhにおける部分Aおよび部分Bの屈折率を $n_1(h)$ および $n_2(h)$ で表す。

[0030] この場合に、格子高さhの周辺の、基板面に平行な層のTE偏光およびTM偏光に対する平均屈折率 $n_{TE}(h)$ および $n_{TM}(h)$ は、以下の式で表せる。

[0031] [数5]

$$n_{TE}(h) = \sqrt{(1 - F(h))n_1(h)^2 + F(h)n_2(h)^2} \quad (4)$$

$$n_{TM}(h) = \sqrt{\frac{\frac{1}{\frac{(1 - F(h))}{n_1(h)^2} + \frac{F(h)}{n_2(h)^2}} \cos \theta + ((1 - F(h))n_1(h)^2 + F(h)n_2(h)^2) \sin \theta}{\cos \theta + \sin \theta}} \quad (5)$$

[0032] ここで、 θ は、基板面に対する光の入射角度である。また、F(h)は、部分Aのデューティ比であり、

$$F(h) = f(h) / \Lambda$$

で表せる。

[0033] ここで、部分Bの屈折率 $n_2(h)$ が部分Aの屈折率 $n_1(h)$ よりも高いとし、格子高さhの、基板面に平行な薄い層の平均屈折率を $n(h)$ とすると、式(4)および(5)から、TE偏光およびTM偏光について、以下の式が成り立つ。

$$[0034] \quad n_{in} \leq n_s < n(h=h_2 \sim h_3) < n(h=h_1 \sim h_2) \quad (6)$$

$$n_{in} \leq n_s < n(h=h_2 \sim h_3) < n(h=h_3 \sim h_4) \quad (7)$$

- [0035] ここで、 $h=h_1 \sim h_2$ は、格子高さ h が h_1 と h_2 の範囲の任意の高さ h を表し、 $n(h=h_1 \sim h_2)$ は、当該任意の高さの平均屈折率を示す。また、 n_{in} は、入射側媒体の屈折率、 n_s は、基板の屈折率を表す。
- [0036] 式(6)および(7)から、格子高さ h が h_1 と h_2 の範囲の層および h_3 と h_4 の範囲の層は、 h_2 と h_3 の範囲の層よりも屈折率が高く、二つの導波層を形成する。
- [0037] 図3は、本発明の波長フィルタの原理を説明する図である。図3(a)は、格子の部分Aの構成を示す断面図である。図3(b)は、格子の高さ方向(Z方向)の屈折率の分布を示す図である。図2に関連して説明したように、部分Aの幅の狭い部分の高さ範囲に二つの導波層AおよびBが形成される。入射した光の大部分は、透過光305として、導波層AおよびBを透過する。導波層AおよびBのそれぞれに対して、式(1)が満たされる場合には、エバネセント波301および302が生じ、全反射による反射波303および304が生じる。したがって、導波層Aにおいて反射波が生じる波長と、導波層Bにおいて反射波が生じる波長とがわずかに異なるように導波層AおよびBの構成を定めれば、導波層Aによる反射波長の帯域と導波層Bによる反射波長の帯域とが、それぞれ、図3(c)の、波長に対する反射率のグラフの実線と点線で示すように、わずかにずれて重なり合う。この結果、反射波長の帯域を広げることができる。
- [0038] 部分Aおよび部分Bの材料について説明する。部分Aの材料としてガラス、プラスチックおよびケイ素などを使用することができる。部分Bの材料の屈折率との差をできるだけ大きくするように、屈折率はできるだけ低くすることが望ましい。したがって、ガラスやプラスチックが好ましい。
- [0039] 部分Bの材料は、通常の薄膜形成用材料を使用することができる。薄膜材料としては、酸化チタン(TiO_2)、フッ化マグネシウム(MgF_2)または酸化ケイ素(SiO_2)などが挙げられるが、特に高い屈折率を有する酸化チタン(TiO_2)またはフッ化マグネシウム(MgF_2)が好ましい。また、入射光の波長が赤外領域にわたっている場合は、たとえば、ゲルマニウム(Ge)またはセレン化亜鉛(ZnSe)などを利用することができる。
- [0040] つぎに、本発明の波長フィルタの製造方法について説明する。
- [0041] 図4(a)は、一般的なリソグラフィ技術による描画からエッチングまでの製造プロセスを模式的に表した図である。描画するための手段はここでは電子ビームを用いてい

る。製造プロセスの詳細は、以下のとおりである。

- [0042] はじめに、基板上にレジストを堆積し、その上に所望のパターンが得られるように、電子ビームを照射する。使用するレジストはポジ型であってもネガ型であってもいずれでもよく、描画面積が少なくなるほうを選択する。電子ビームによって描画されたレジストを現像処理によって除去する。次にエッチングの際の最終的な高さをできる限り深くするために、CrやAlなどといった金属をレジスト上に蒸着し、リフトオフを行うと、レジストの部分が除去されて、金属膜が堆積された微細構造が形成される。この状態でエッチングを行うと、金属膜の効果によってエッチングの進行がゆっくり進み、最終的に深い溝を持つ断面形状を得ることができる。
- [0043] 図4(b)は、本発明による波長フィルタの製造プロセスを模式的に表した図である。描画からエッチングまでの製造プロセスは、図4(a)と同様である。ただし、電子ビームの照射方向は、図4(b)の紙面に対して垂直とする。エッチングによって部分Aを形成した後、部分Aと部分Aとの間に高屈折率の材料からなる部分Bを形成するように、たとえば金属などのマスクを配置した後、蒸着を行う。蒸着の終了後、前述のマスクを除去すると、本発明による、部分Aおよび部分Bが交互に配置された波長フィルタが得られる。
- [0044] 本発明による波長フィルタの製造方法として、ここでは電子ビームによるリソグラフィ一技術を例として説明した。本発明による波長フィルタは、この方法以外の、他の方法によっても製造することができる。たとえば、描画の際の線源を電子ビームとする代わりに、同様に広く知られるLIGAプロセスと呼ばれる、X線を線源とした照射による製造方法を使用してもよい。
- [0045] 本発明による波長フィルタの数値実施例を示す。格子構造から反射特性を算出するのに、厳密結合波解析(Rigorous Coupled Wave Analysis, RCWA)と呼ばれる計算手法を用いた。本手法は電磁波を算出するための厳密計算法であり、共鳴効果を正確に算出するのに広く利用されている方法である。
- [0046] 図5は、TE偏光の光が、基板に対して斜め45度で入射したときに、中心波長1550nmで強い反射特性をもつ、第1の数値実施例の波長フィルタの断面図である。ここで、部分Aおよび部分Bからなる格子の周期は0.7 μ m、格子高さは4.57 μ mである。基板

および部分Aの材料は SiO_2 (屈折率1.44)、部分Bの材料は TiO_2 (屈折率2.0)である。部分Aは、格子の高さの2つの範囲(0.672–1.437 μm および3.64–4.104 μm)に幅の広い部分を備えている。したがって、上記の2つの高さ範囲によって分離される、3つの高さ範囲の領域は、導波層WG1、WG2およびWG3を形成する。導波層WG1、WG2およびWG3の厚さは、それぞれ、0.464 μm 、2.203 μm および0.672 μm である。

[0047] 部分Aの断面における幅は、入射光の側から、基板の側に順に以下のとおりである。

[0048] (入射光側)

幅 0.487 μm (WG1)

幅 0.626 μm

幅 0.487 μm (WG2)

幅 0.626 μm

幅 0.487 μm (WG3)

(基板側)

[0049] 導波層WG1乃至WG3の平均屈折率は、式(4)から、約1.86である。反射波長を1.55 μm とすると、式(3)から予想される導波層の厚さは、約0.417 μm となり、導波層WG1の厚さに近い値となる。導波層WG3の厚さは、反射波長をずらせたことによって、導波層WG1の厚さよりも厚くなっている。導波層WG2の厚さは、上記の予想される導波層の厚さよりも大幅に大きい。これは、導波層WG1および導波層WG3の相互の影響をできるだけ小さくするためである。

[0050] このように、図5に示した数値実施例1の波長フィルタにおいては、部分Aの突起部分の、Z方向における位置または幅を変えることにより、複数の導波層の厚さを変え、その結果、反射する波長の帯域を広げている。

[0051] 図6は、図5の波長フィルタでの反射スペクトルの計算結果を示す図である。横軸は、波長、縦軸は、反射率を表す。波長1550nmを中心に97%以上の反射率を有する帯域幅は8.3nmである。このように、本発明による波長フィルタは、所定の波長を中心とした、比較的広い帯域幅を備えることがわかる。

[0052] 図7は、TE偏光の光が、基板に対して斜め45度で入射したときに、中心波長1550nmで強い反射特性をもつ、第2の数値実施例の波長フィルタの断面図である。ここで、部分Aおよび部分Bからなる格子の周期は0.7 μ m、格子高さは2.087 μ mである。基板および部分Aの材料はSiO₂（屈折率1.44）、部分Bの材料はTiO₂（屈折率2.0）である。部分Aは、格子の高さの1つの範囲(0.417–1.668 μ m)に幅の広い部分を備えている。したがって、上記の1つの高さ範囲によって分離される、2つの高さ範囲の領域は、導波層WG1およびWG2を形成する。導波層WG1およびWG2の厚さは、それぞれ、0.417 μ mである。

[0053] 部分Aの断面における幅は、入射光の側から、基板の側に順に以下のとおりである。

[0054] (入射光側)
幅 0.441 μ m (WG1)
幅 0.630 μ m
幅 0.693 μ m
幅 0.630 μ m
幅 0.490 μ m (WG2)
(基板側)

[0055] 導波層WG1およびWG2の平均屈折率は、式(4)から、それぞれ、約1.81および約1.85である。

[0056] このように、図7に示した数値実施例2の波長フィルタにおいては、部分Aの突起していない複数の部分の、Y方向における幅を互いに異なったものとするにより、複数の導波層の屈折率を変え、その結果、反射する波長の帯域を広げている。

[0057] 図8は、図7の波長フィルタでの反射スペクトルの計算結果を示す図である。横軸は、波長、縦軸は、反射率を表す。波長1550nmを中心に97%以上の反射率を有する帯域幅は12nmである。このように、本発明による波長フィルタは、所定の波長を中心とした、比較的広い帯域幅を備えることがわかる。

[0058] 反射スペクトルの帯域幅を調整するには、導波層の厚さや導波層の総数を変えるこ

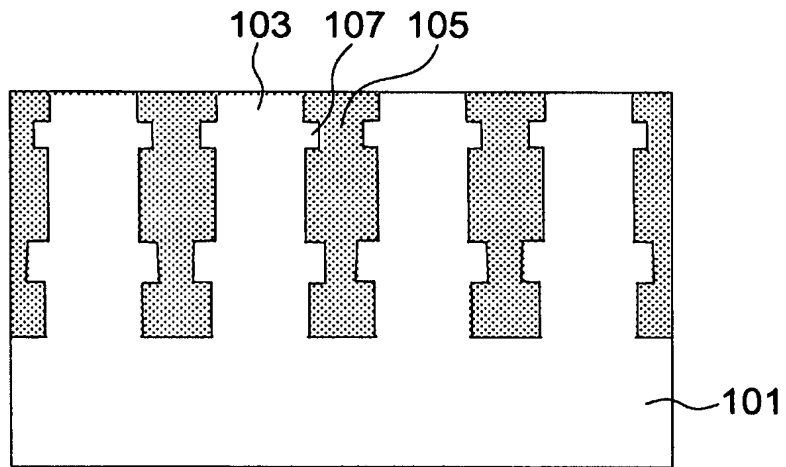
とによって行う。通常、導波層の厚さが大きくなるにつれて、帯域幅が広くなり、また厚さを小さくするによって、帯域幅を狭くすることができる。また、部分Aの突起部分の数を変化させて、導波層の数を変えることによっても実現できる。この場合において、通常、部分Aの突起部分の数を減らすことにより、帯域幅が狭くなり、また部分Aの突起部分の数を増やすにつれて、帯域幅を広げることができる。帯域幅の調整においては、部分Aの屈折率と部分Bの屈折率の差は大きくする方が、好ましい。

- [0059] さらに、数値実施例2に示したように、導波層の屈折率を変えることにより帯域幅を広げてもよい。
- [0060] 反射スペクトルの中心波長を変えるには、周期や格子高さなど長さに関する寸法を変えることによって実現できる。通常、短波長側では、周期や格子高さなどの各々の寸法を短くし、また長波長側では、寸法を長くすることによって行える。
- [0061] 上述の具体例は、格子構造に対して斜め方向に光が入射したときの条件を設定したが、格子構造に垂直に入射した場合においても、同様の働きを行わせることが可能である。また、TE偏光について説明したが、TM偏光についても同様である。

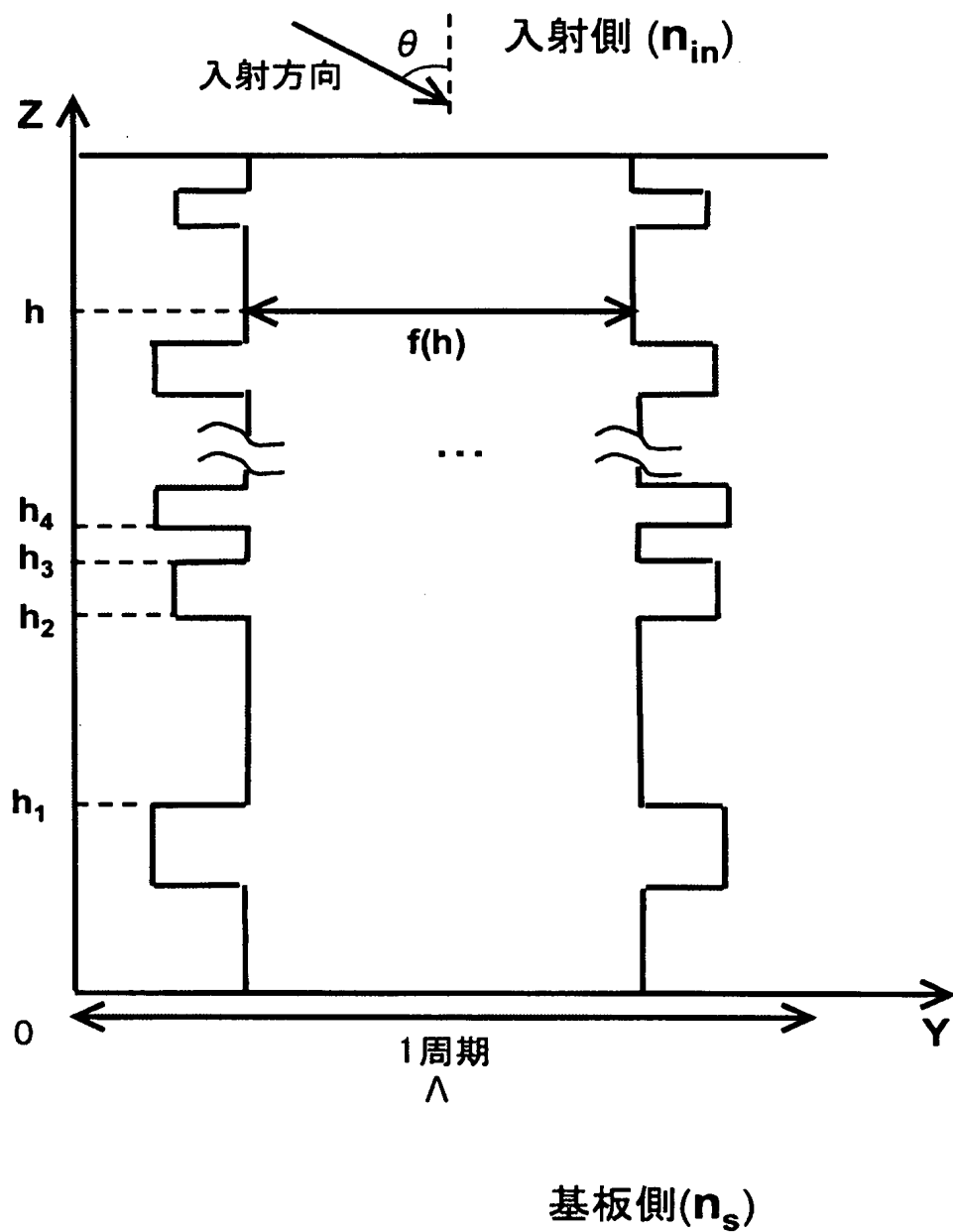
請求の範囲

- [1] 基板面上において、X方向に延伸する第1の部分と第1の部分の材料の屈折率よりも高い屈折率の材料からなり、第1の部分に沿ってX方向に延伸する第2の部分とを、基板面上においてX方向と垂直なY方向に、使用する光の波長よりも短い一定の周期で交互に配置した格子からなる波長フィルタであって、各第1の部分の、Y方向でかつ基板面に垂直な断面形状は、基板面からZ方向に所定の距離を隔てた所定の距離の範囲において、Y方向の幅が周囲部分の幅よりも広くなるように突起した部分を少なくとも1つ備え、当該所定の距離の範囲の、基板面に平行な領域によって分割される、基板面に平行な複数の導波層を形成し、当該複数の導波層の反射する光の波長帯域が重なりながらシフトして単一の導波層の反射する光の波長帯域よりも広い波長帯域の光を反射するように構成された波長フィルタ。
- [2] 前記所定の距離の範囲を変えることにより、前記複数の導波層の反射する光の波長帯域が重なりながらシフトするように構成された請求項1に記載の波長フィルタ。
- [3] 前記複数の導波層の平均屈折率を変えることにより、前記複数の導波層の反射する光の波長帯域が重なりながらシフトするように構成された請求項1に記載の波長フィルタ。
- [4] 前記第1の部分の材料が、ガラス、プラスチックまたはケイ素のいずれかである請求項1から3のいずれかに記載の波長フィルタ。
- [5] 前記第2の部分の材料が、酸化チタン、フッ化マグネシウムまたは酸化ケイ素のいずれかである請求項1から4のいずれかに記載の波長フィルタ。
- [6] 前記第2の部分の材料が、ゲルマニウムまたはセレン化亜鉛のいずれかである請求項1から4のいずれかに記載の波長フィルタ。
- [7] 請求項1から6のいずれかに記載の波長フィルタの製造方法であって、前記X方向からビームを照射して前記断面形状を描画するステップを含む方法。

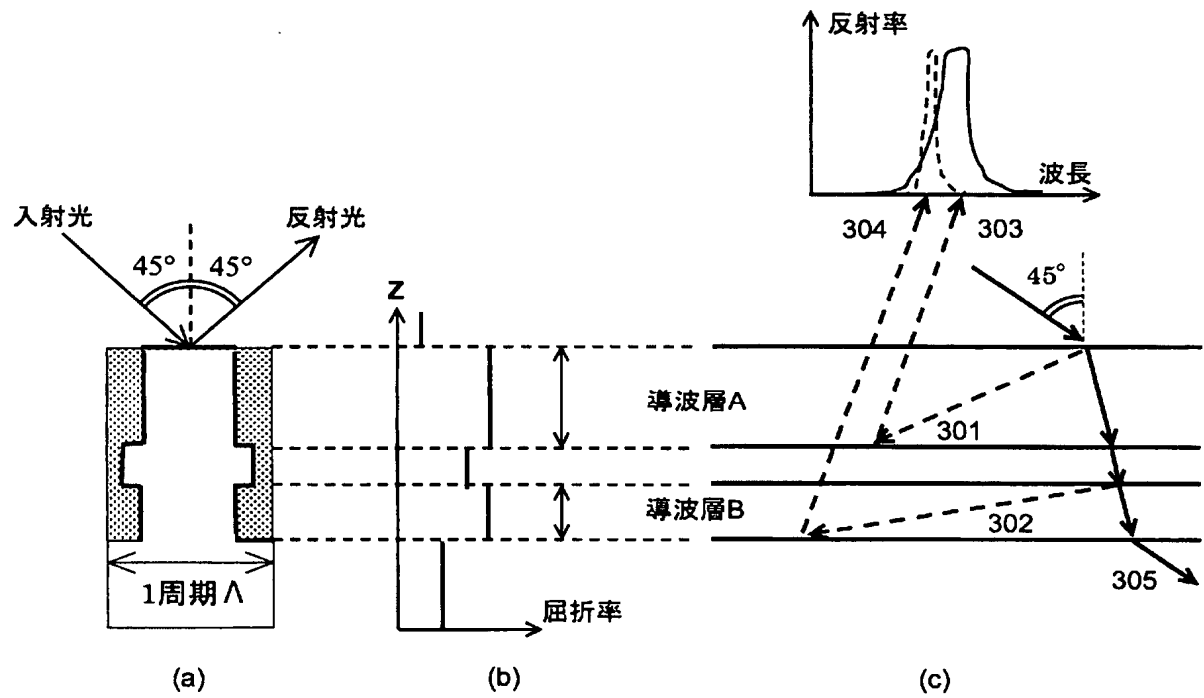
[図1]



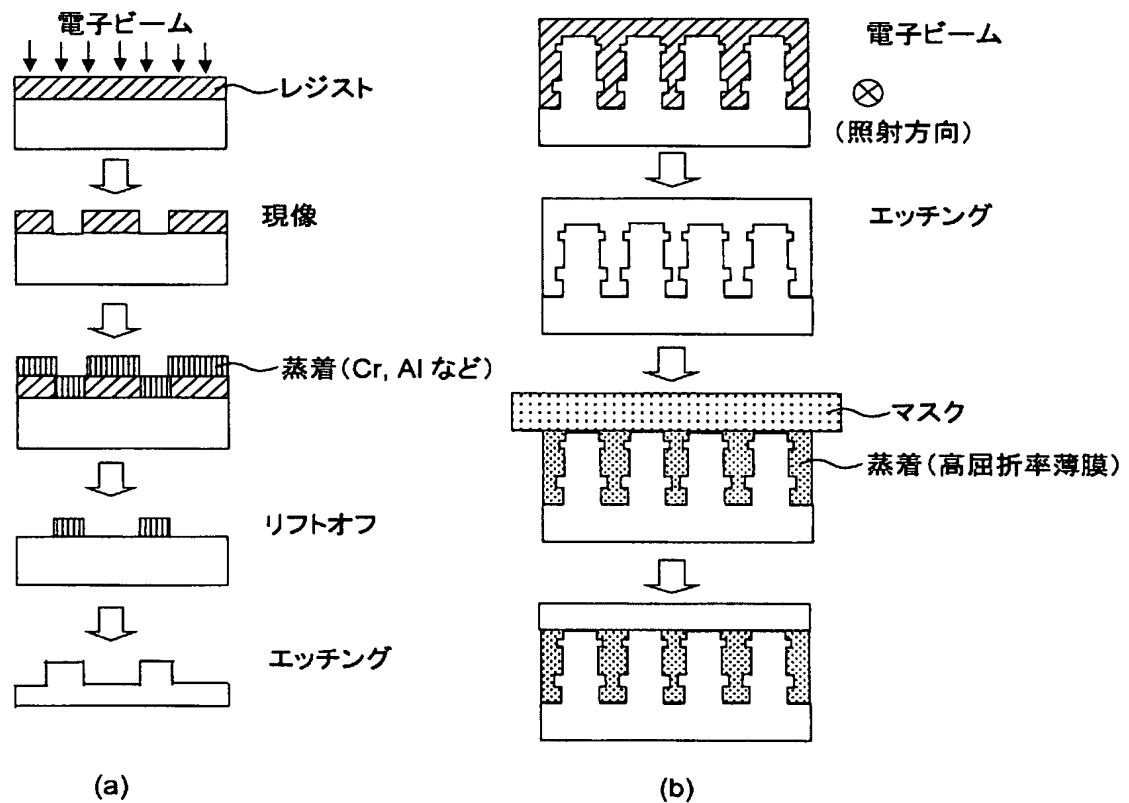
[図2]



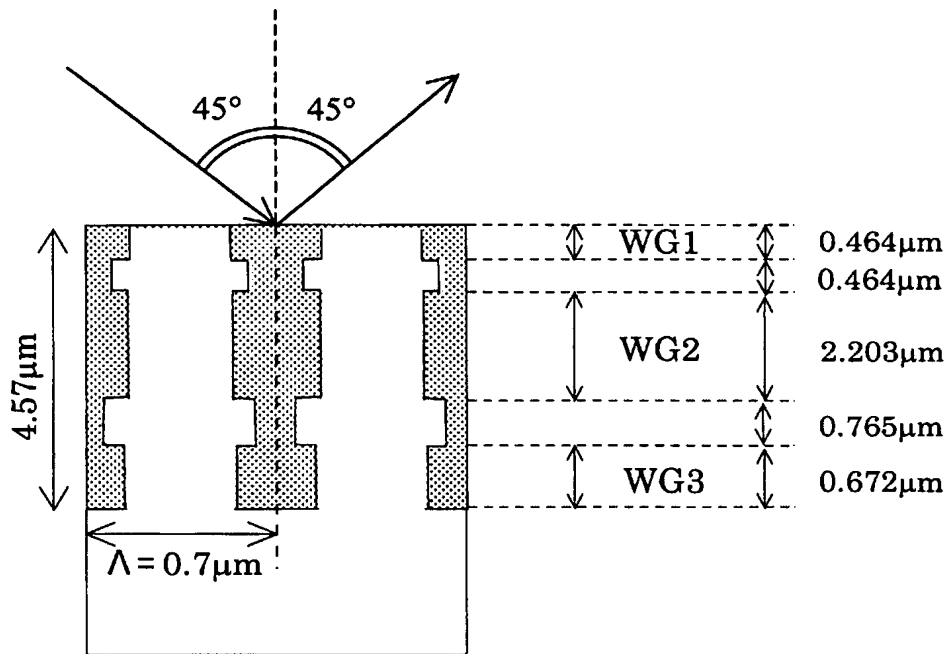
[図3]



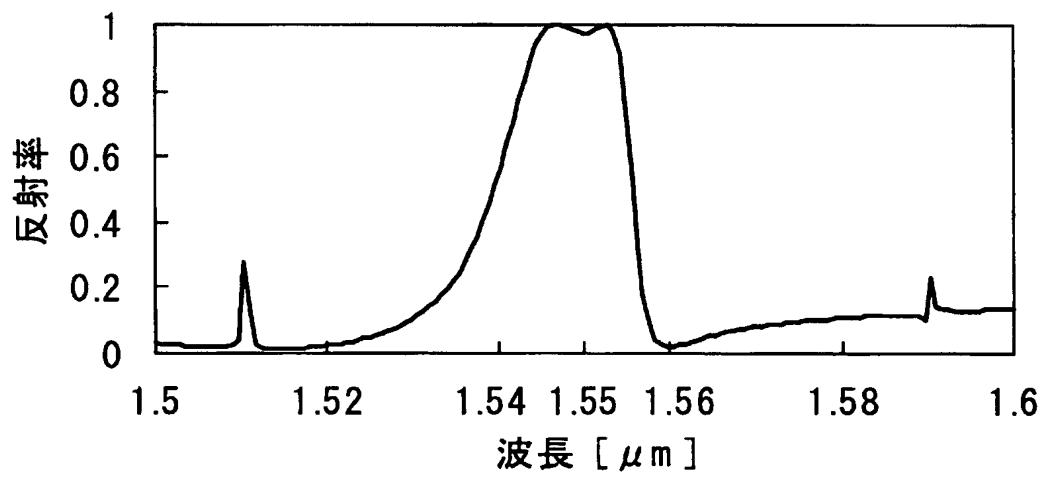
[図4]



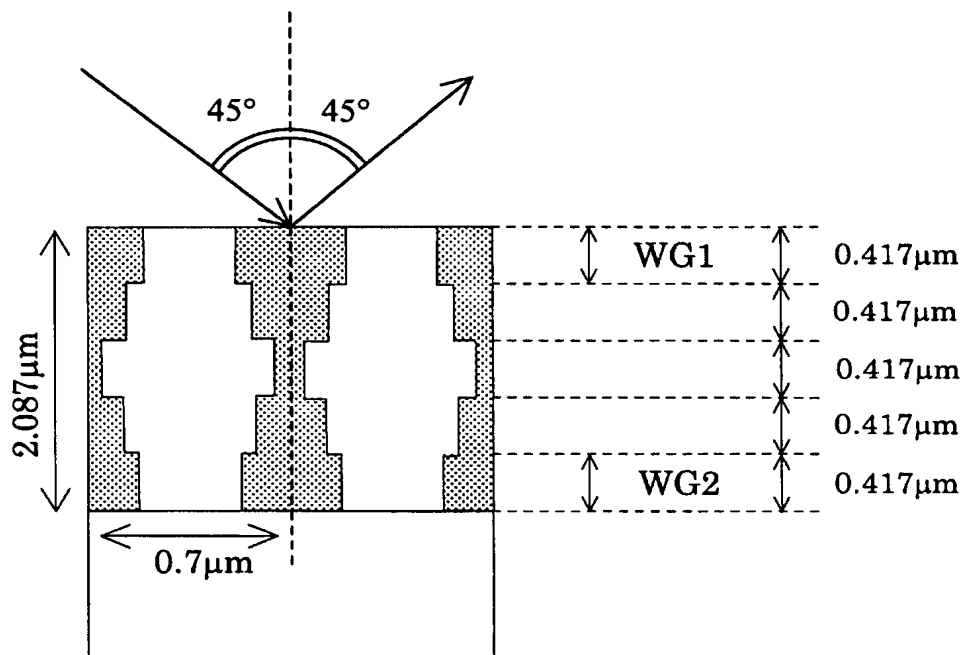
[図5]



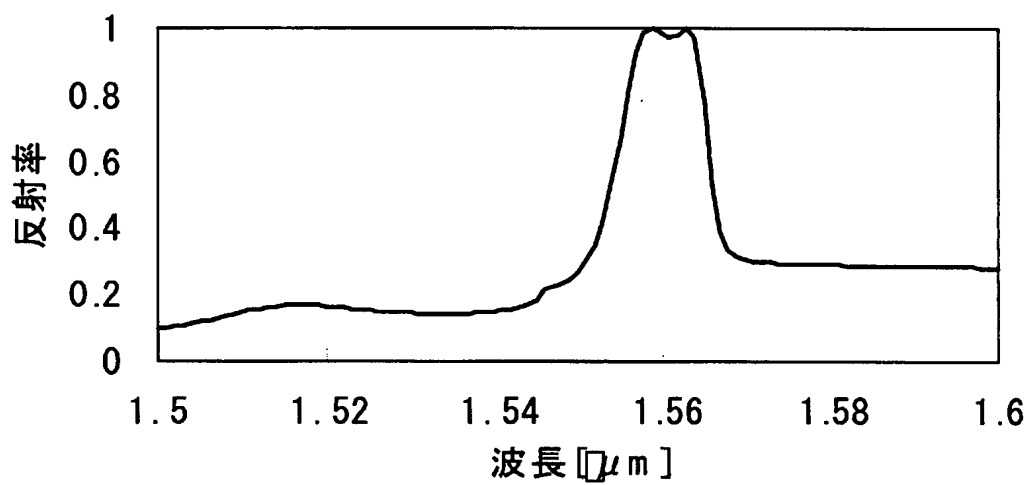
[図6]



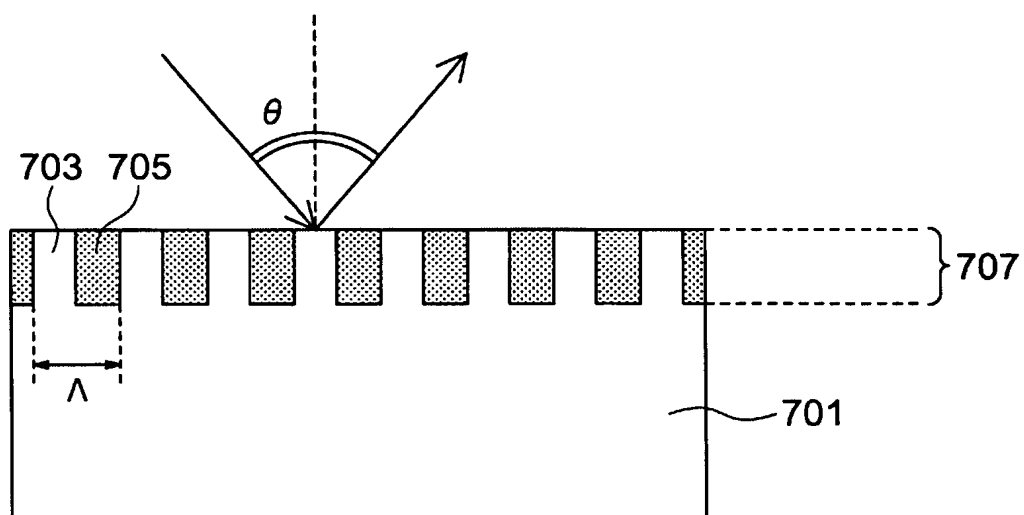
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/305985

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B5/26(2006.01), G02B5/18(2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B5/26(2006.01), G02B5/18(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2006 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2006 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2006 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | US 6212312 B1 (Eric B. Grann et al.), 03 April, 2001 (03.04.01), Column 3, lines 3 to 33; Figs. 1, 1A & WO 01/27666 A2 & EP 1145052 A2 & JP 2003-514250 A | 1-7 |
| A | JP 2002-258034 A (Japan Science and Technology Corp.), 11 September, 2002 (11.09.02), Par. Nos. [0018] to [0021]; Figs. 1 to 4 (Family: none) | 1-7 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 June, 2006 (12.06.06)

Date of mailing of the international search report
20 June, 2006 (20.06.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B5/26 (2006.01), G02B5/18 (2006.01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G02B5/26 (2006.01), G02B5/18 (2006.01)

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2006年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2006年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2006年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|------------------|
| A | US 6212312 B1 (Eric B. Grann et al.) 2001.04.03, 3 欄 3 行-33 行, FIG. 1, FIG. 1A & WO 01/27666 A2 & EP 1145052 A2 & JP 2003-514250 A | 1-7 |
| A | JP 2002-258034 A (科学技術振興事業団) 2002.09.11, [0018]-[0021], 図 1-図 4 (ファミリーなし) | 1-7 |

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.06.2006

国際調査報告の発送日

20.06.2006

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

谷山 稔男

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

20

8909